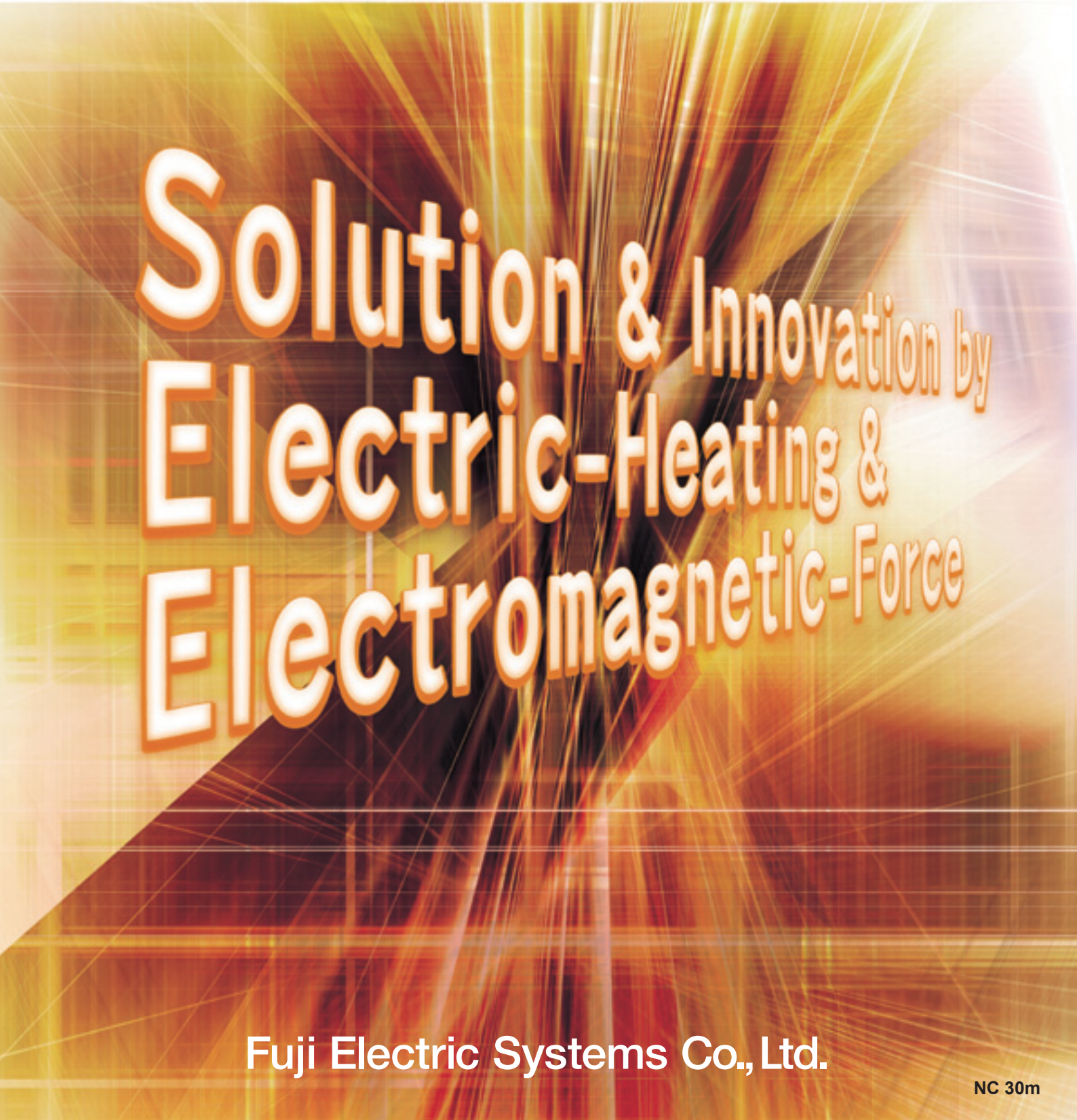
e-Front runners

工業電熱製品 総合ガイド

Comprehensive Guide to Industrial Melting and Heating



Fuji Electric Systems Co., Ltd.

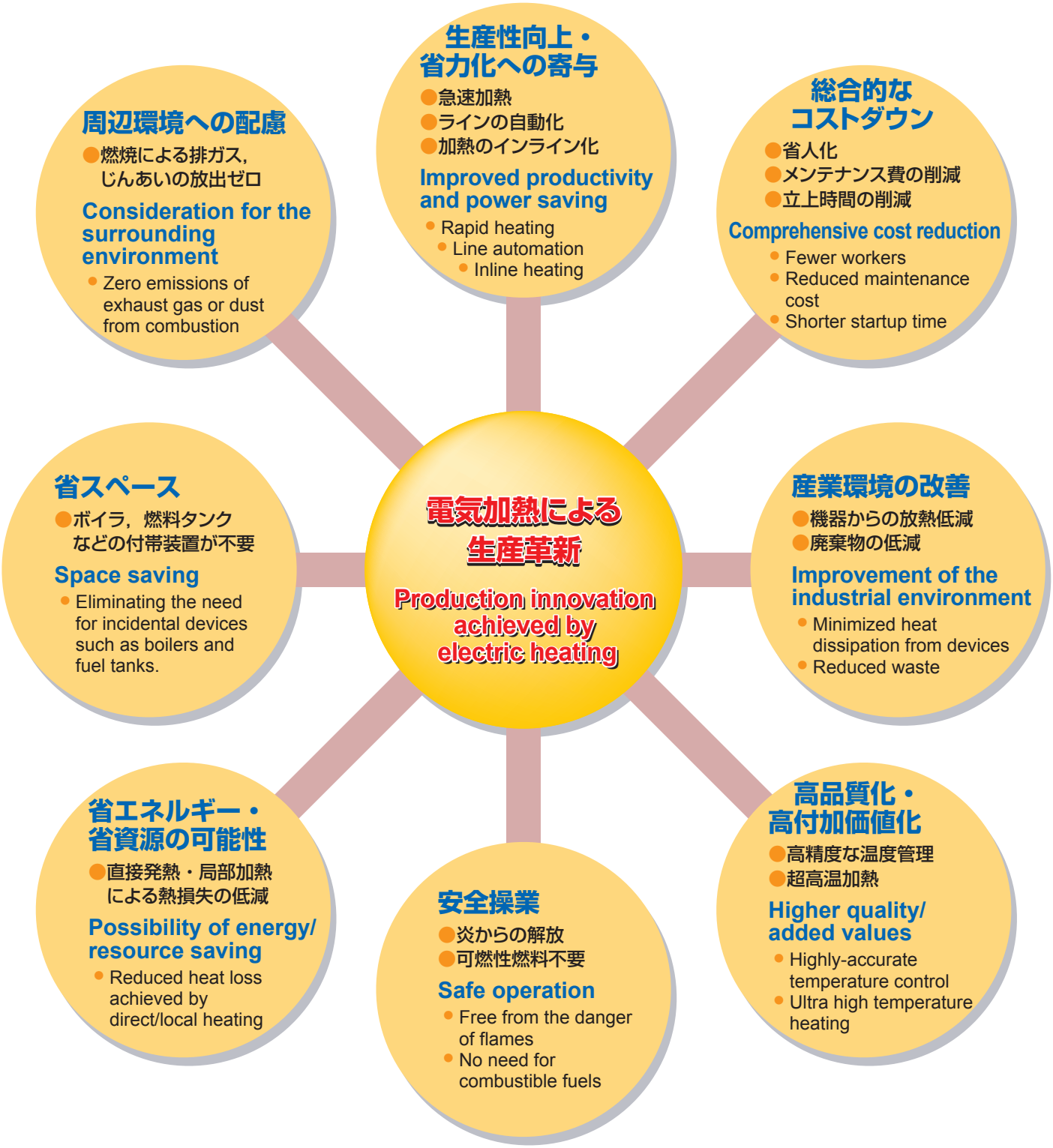
NC 30m

電気加熱のメリット

電気加熱の用途は多岐に渡っており，生産性向上・環境保全・安全などに結びつき，生産革新に大きく役立つ技術です。
特に加熱速度の速さと制御性の良さから，様々な加熱工程での生産性向上が図れます。
材料の直接発熱，そして必要な部分だけの加熱が可能なことから，エネルギー消費量を最小限に抑えます。
また，燃焼を伴わない加熱方式なので，環境改善と安全性向上にも貢献します。

Advantages of Electric Heating

Electric heating with wide-ranging applications ensures improved productivity, environmental preservation, and enhanced safety, thus facilitating innovative production.
Its high heating rate and superior controllability improve productivity in various heating processes.
Direct material heating and local heating of the necessary areas only minimize energy consumption.
Electric heating, which does not involve combustion, helps improve the environment and safety.



IH化による改善事例　Example of improvements achieved by induction heating (IH)

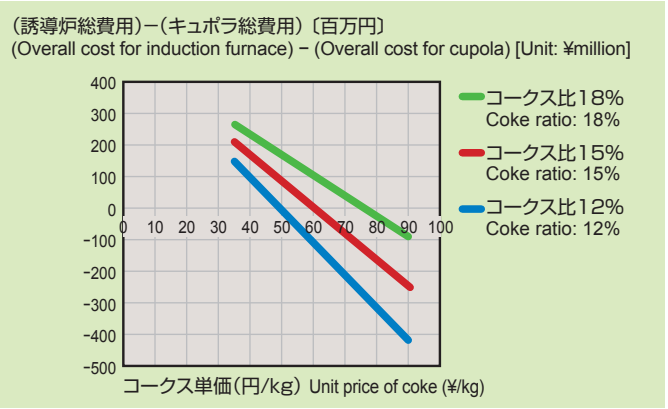
溶解の熱源転換 …… キュポラ ⇒ 誘導炉へ

Change of heat source for melting: Cupola ⇒ Induction furnace

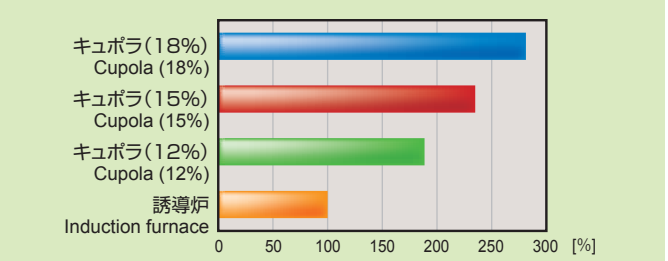
- ランニングコスト低減
- 高品質化
- 環境改善
- CO_2排出低減
- 後継者対策

- Reduced running costs
- Higher quality
- Improved environment
- Reduced CO_2 emissions
- Ease of finding successors

コークス単価と損益分岐点例
Unit price of coke and break-even point (example)



運転時CO_2排出割合例（12年間）
Example of percentage of CO_2 emissions (for 12 years)



年間出湯量 4480t／年，2tキュポラ×2基交互溶解 ⇒
高周波炉 1t／600kW×2式同時溶解での試算例

出典：誘導炉導入による環境・経済効果とLCA手法の開発筑波大学大学院システム情報工学研究科エネルギーリスク研究室（2008年3月）

Annual pouring volume: 4480t/year, Example of estimation: the case in which alternate melting with two 2t cupolas was replaced by simultaneous melting with two 1t/600 kW high-frequency furnaces

Source: Environmental/economical effect of the introduction of induction furnaces and development of the life cycle assessment (LCA) method
Graduate School of the University of Tsukuba, Faculty of Systems and Information Engineering, Department of Risk Engineering (March 2008)

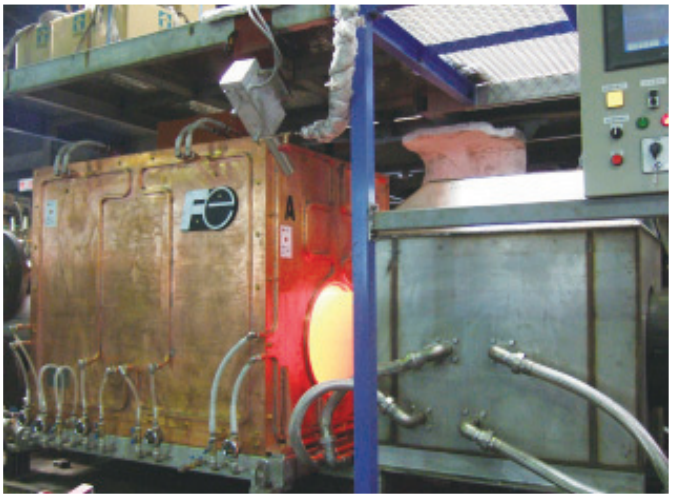
加熱の熱源転換 …… 燃焼炉 ⇒インライン式誘導加熱へ

Change of heat source for heating: Combustion furnace ⇒ Inline induction furnace

- 生産能力の20～30%アップ
- 熱処理のコスト約1/3へ削減
- 短時間部分加熱による熱歪低減
- 省スペース化

- 20% to 30% increase in production capacity
- Heat treatment cost reduced to 1/3
- Reduced thermal strain achieved by short-term local heating
- Space saving

転換例：ステンレスの固容化処理
Example of change: Solution treatment of stainless steel



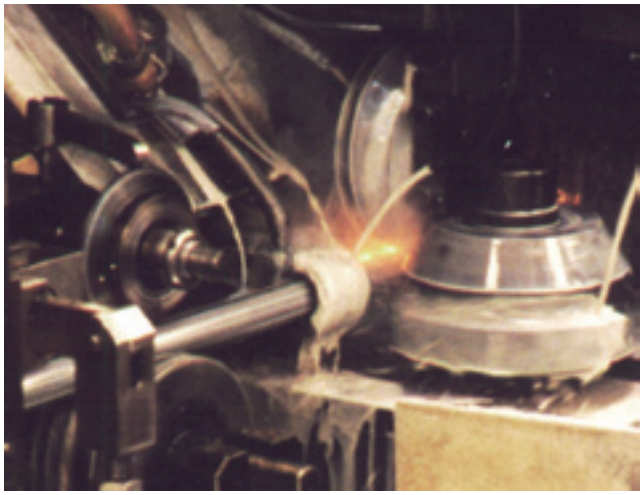
高周波電源装置更新 … 真空管 ⇒ 半導体式へ

Updating of a high-frequency power supply system: Vacuum tubes ⇒ Semiconductors

- 約30%の電気代削減
- メンテナンス費の削減（真空管の交換が不要）
- 真空管供給不安の解消

- Electricity expense reduced by approximately 30%
- Reduced maintenance cost (no need to replace vacuum tubes)
- Eliminated anxiety about vacuum tube supply

更新例：電縫管溶接電源
Example of updating: Electric resistance tube welding power supply



IHSS ……ボイラ+過熱蒸気発生器 ⇒ 水道水から1スルーで過熱蒸気を発生

IHSS: Boiler + Superheated steam generator ⇒ One-through generation of superheated steam from tap water

- 免許が不要なため誰でもすぐに使用可能
- 熱効率95%による省エネ化
- 450℃の過熱蒸気を生成
- オール電気による環境改善

- Operable by anyone without a license
- Energy saving achieved by heat efficiency as high as 95%
- Generation of superheated steam at 450°C
- Improved environment achieved by entirely electrical operations

溶解技術

1964年以来，2000基を超える納入実績と記録品

低周波るつぼ形誘導炉　40T/10,000kW（鋳鉄用）
　　60T/3,500kW（銅合金用）
高周波るつぼ形誘導炉　25T/13,000kW（鋳鉄用）
低周波溝形誘導炉　85T/60T/2,000kW（鋳鉄用）

溶湯を扱う製品を得意としており，操作の容易性・安全性・保全性だけでなく，省エネ・CO_2削減など環境改善へ大きく貢献します。

Melting Technology

Delivery record exceeding 2000 units and record-breaking items since 1964
Low-frequency crucible type induction furnace:
　　40T/10,000kW (for cast iron)
　　60T/3,500kW (for copper alloy)
High-frequency crucible type induction furnace:
　　25T/13,000kW (for cast iron)
Low-frequency channel type induction furnace:
　　85T/60T/2,000kW (for cast iron)

We focus not only on improving the operability, safety, and maintainability of our products handling molten metal but also on improving the environment through saving energy and reducing CO_2 emissions.

加熱技術

誘導加熱は金属加熱における省エネの切り札。ビレットヒータし，特殊ビレットヒータ･金型加熱など，種々の金属加熱・熱され，生産プロセス革新に役立っています。快適な環境で最高る，これが誘導加熱の持ち味です。

高周波るつぼ形誘導炉
High-frequency crucible type induction furnace

◆標準仕様　Standard specification
炉容量　Furnace capacity：30～25,000kg
電力　Power　：60～13,000kW
- ハイパワーによる急速溶解
  High-power rapid melting
- 生産性向上　Improved productivity
- CO_2削減　Reduction in CO_2 emissions

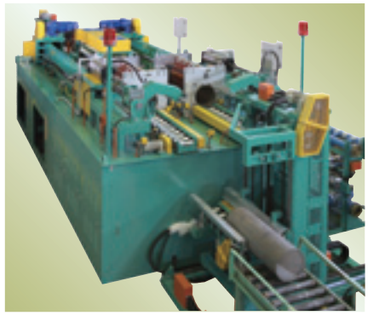
鋳鉄用溝形誘導炉
Channel type induction furnace for cast iron

◆標準仕様　Standard specification
炉容量　Furnace capacity：7,000～50,000kg
電力　Power　：300～1,000kW
- 溶湯の保持・昇温
  Retaining and temperature increase of molten metal
- 溶解と鋳造ラインの媒介
  Cushioning between melting furnace and casting line
- 捨て湯の再利用　Recycling of waste molten metal

真空誘導炉
Vacuum induction furnace

◆標準仕様　Standard specification
炉容量　Furnace capacity：10～20,000kg
電力　Power　：20～1,800kW
- 溶湯の脱ガス　Degassing of molten metal
- 精錬　Refining
- 高級品質鋼の生産
  Production of high-quality steel

アルミビレットヒータ
Aluminum billet heater



◆標準仕様　Standard specification
電力　Power：300～1,000kW
- 全自動最適運転制御装置
  Fully automatic optimum operation control system
- ワンタッチコイル交換装置
  One-touch coil replacement system
- 省エネ　Energy saving

◆標準仕様　Standard specification
炉容量　Furnace capacity：150～60,000kg
電力　Power　：90～10,000kW
- 大形鋳込　Large-scale casting
- 連続操業　Continuous operation
- 成分調整　Component adjustment

低周波るつぼ形誘導炉
Low-frequency crucible type induction furnace

◆標準仕様　Standard specification
炉容量　Furnace capacity：2,500～8,500kg
電力　Power　：150～300kW
- 鋳型への自動注湯　Automatic pouring into mold
- 受湯中の注湯も可能
  Pouring while receiving molten metal also allowed
- 造形ラインへの対応
  Applicable to molding lines

加圧式自動注湯炉
Pressure type automatic pouring furnace

◆標準仕様　Standard specification
炉容量　Furnace capacity：2,000～8,000kg
電力　Power　：1,800～4,000kW
- 亜鉛めっき鋼板くずの溶解と脱亜鉛
  Melting and dezincing of zinc-plated steel scrap
- 不純物除去　Removal of impurities
- 環境改善　Environmental improvement
- 省エネ　Energy saving

精練機能付誘導炉
Induction furnace with refining function

◆標準仕様　Standard specification
電力　Power：60～300kW
- 短時間で良好な温度分析が可能
  Accurate temperature analysis performed in a short time
- 自動化が容易　Facilitated automation
- 省スペース化　Space saving

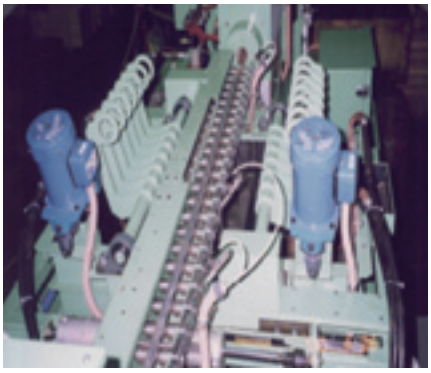
ダイスヒータ
Dice heater

Heating Technology

Induction heating, a master card for energy saving in metal heating, is applied to various metal heating and thermal processes using billet heaters, special billet heaters, and mold heaters to support innovative production processes. Creating optimal quality in a comfortable environment is the hallmark of induction heating.

注：詳細は各カタログを参照ください。
Note: See the brochure of each system for details.

温間鍛造用ビレットヒータ
Billet heater for warm forging



◆標準仕様　Standard specification
電力 Power: 180～1,300kW
- 温間鍛造用では予熱・ディッピング・加熱の3役を一体化
  The heater for warm forging integrates the following three functions: Preheating, dipping, and heating.
- ディッピング装置の簡略化でメンテナンス性を向上
  Enhanced maintainability achieved by a simplified dipping device

金型加熱用ヒータ
Heater for mold heating

◆標準仕様　Standard specification
電力 Power: 50～200kW
- 短時間で所定温度へ加熱
  Heating up to the specified temperature in a short time
- 良好な温度制御　Accurate temperature control
- 省スペースと作業環境の改善
  Space saving and improved work environment

◆標準仕様　Standard specification
電力 Power: 50～200kW
- 円形ワーク内面の局部加熱
  Local heating of the internal surface of circular work

ボアヒータ
Bore heater

◆標準仕様　Standard specification
電力 Power: 20～170kW
- 不活性ガス中でセラミックスを加熱
  Heating of ceramics in inactivated gas
- 均一加熱　Uniform heating
- 2000℃以上の超高温加熱
  Ultra high temperature heating up to 2,000°C or higher

セラミックス用加熱装置
Heating device for ceramics

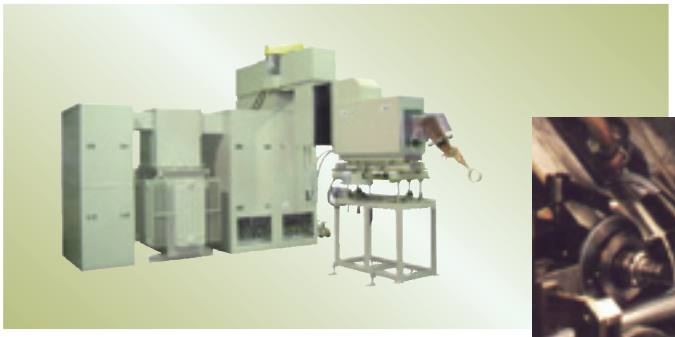
管製造技術

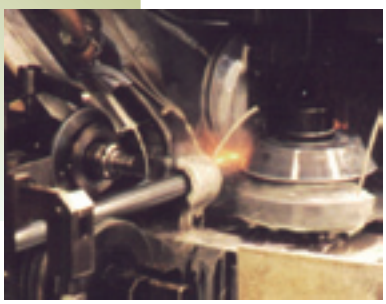
高周波電源技術の進歩が管材の製造に革新をもたらします。
電縫管溶接機から表面処理まで，ランニングコストの大幅な削減と省スペース化が図れます。
小径管から大径管まで，鋼管から非鉄管まであらゆる管製造に貢献しています。

Pipe Making Technology

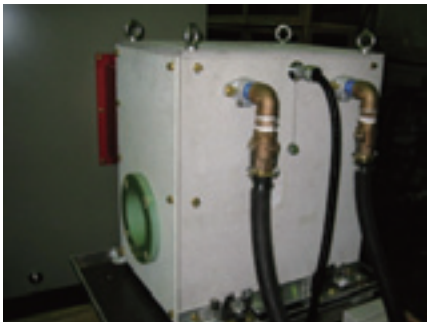
Advancement of high-frequency power supply technology spawns innovation in pipe manufacturing. Such innovation includes significantly reduced running costs and space saving in electric resistance tube welding and surface processing.
Our pipe making technology improves the manufacturing of various pipes including steel and nonferrous pipes.

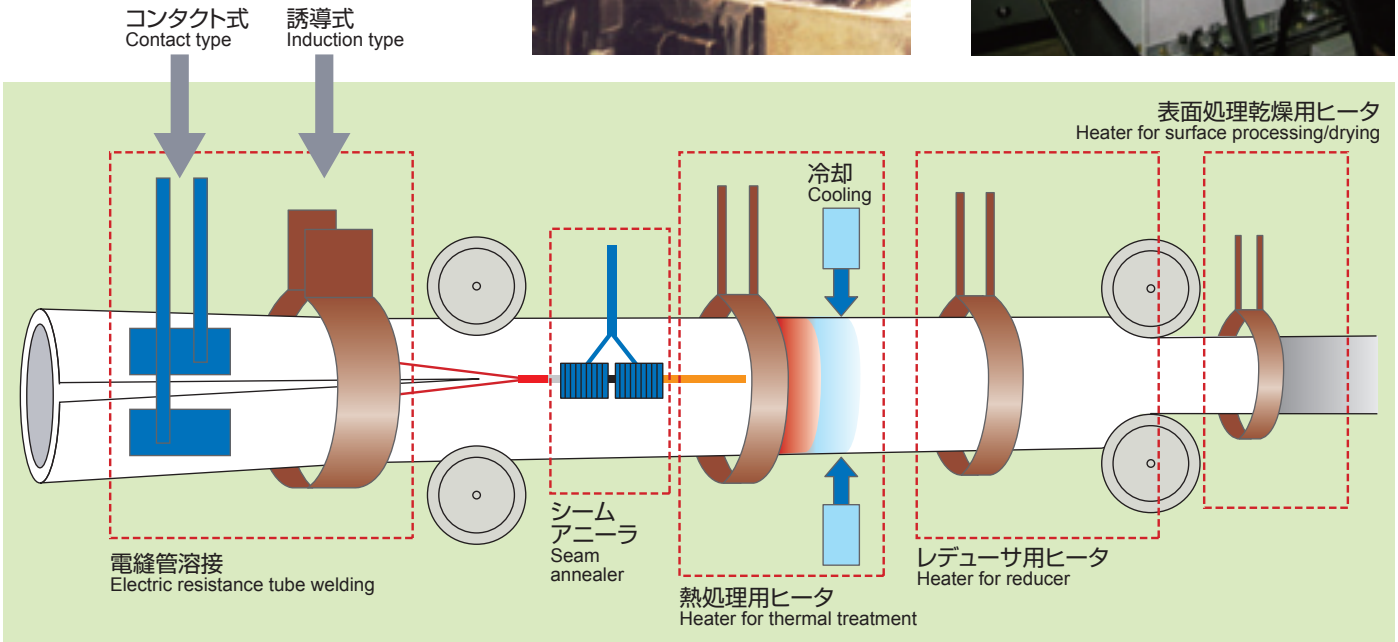
電縫管溶接装置
Electric resistance tube welding equipment





表面処理乾燥用ヒータ
Heater for surface processing/drying





熱処理用ヒータ
Heater for thermal treatment

レデューサ用ヒータ
Heater for reducer

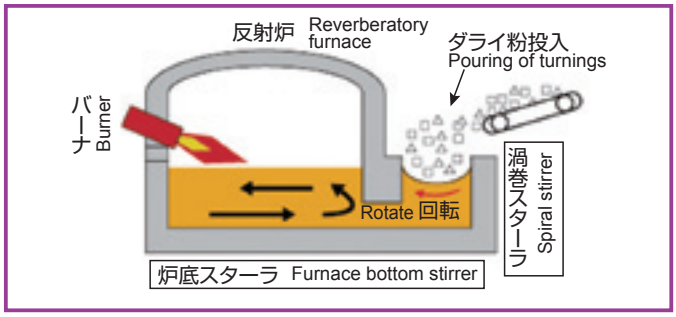
電磁力技術

溶湯に発生する電磁力により強制攪拌を行い，材料の巻き込み・成分均質化・均温化による歩留まり向上・省エネ，結晶構造の微細化による特性改善などに寄与しています。

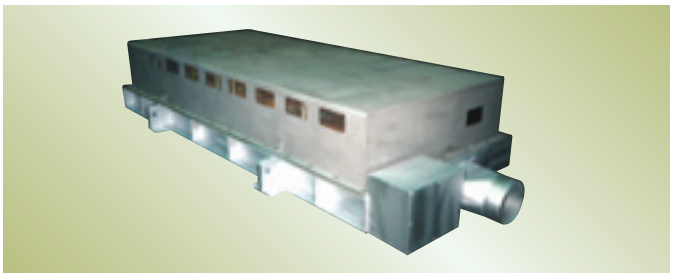
Electromagnetic Force Technology

Forcible agitation is performed using electromagnetic force generated in molten metal to mix in materials, and achieve the homogenization of components and temperature, thus improving the yield, saving energy, and enhancing characteristics based on refinement of the crystal structure.

アルミニウム溶湯電磁攪拌装置
Molten aluminum electromagnetic agitator



炉底スターラ(EMS)　Furnace bottom stirrer (EMS)

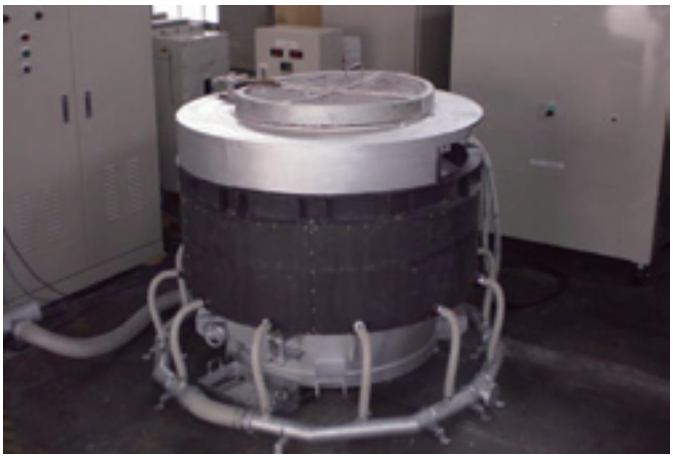


- 溶湯との接触部分がない非接触形なのでメンテナンスが非常に簡単です。
- 材料の溶解速度を上げて，炉の生産性を高めます。
- The structure without a contact area with molten metal facilitates maintenance.
- The rate of solution of materials can be increased to enhance furnace productivity.

渦巻きスターラ(SMS)　Spiral stirrer (SMS)

- アルミニウム廃材，多種の軽量スクラップを非接触で溶湯の渦の中へ効果的に巻き込み，高歩留りが可能です。
- この技術を鋳造前の溶湯攪拌に応用することで，結晶組織の微細化が可能です。
- Waste aluminum materials and various types of lightweight scrap are taken into molten metal efficiently without making physical contact, which achieves high yield.
- By applying this technology to the agitation of molten metal prior to forging, the crystal structure can be refined.

アルミ溶湯保持炉用電磁攪拌装置
Electromagnetic agitator for molten aluminum retention furnace

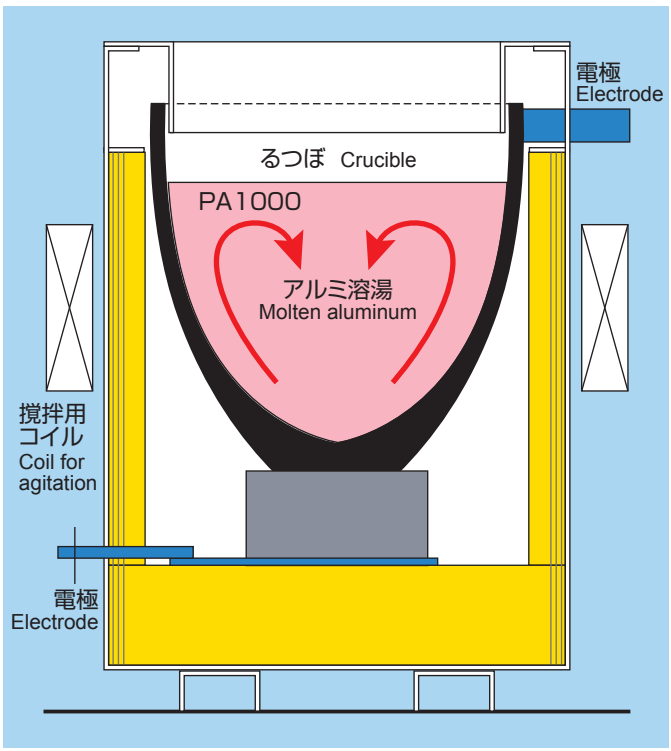


直接通電るつぼへ電磁攪拌装置を組み込んだハイブリッドアルミ溶湯保持炉です。

- 溶湯全体を±1℃で温度コントロールが可能です。
- 上下方向の湯の攪拌を実現

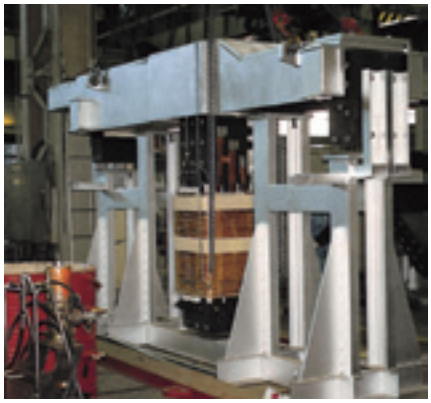
This is a hybrid molten aluminum retention furnace integrating an electromagnetic agitator directly into the excited crucible.

- The temperature of molten aluminum can be controlled to within ±1°C.
- Molten aluminum can be agitated in a vertical direction.



鉄鋼技術

溶鋼から製品化プロセスにおける誘導加熱技術による温度補償・加熱制御は品質向上・省エネ・歩留まり向上だけでなく，新たな製品開発に貢献します。
誘導加熱製品とドライブ・計測・制御などの組合せを富士電機グループで取り組んでいます。



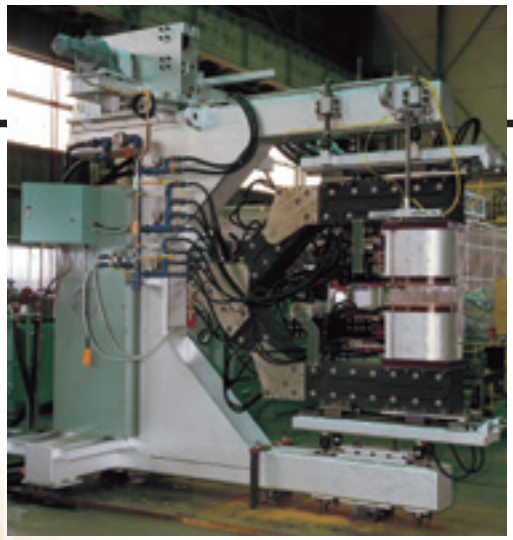
タンディッシュヒータ
- 溶湯昇温
- 溶鋼精錬効果による高品質化

Tundish heater
- Molten metal temperature increase
- Higher quality achieved by the molten metal refining effect

スラブヒータ
- スラブ昇温

Slab heater
- Slab temperature increase

均熱炉
Soaking furnace



【エッジヒータ】
- 端部昇温

Edge heater
- Edge temperature increase

プレートミル
Plate mill

ホットストリップミル
Hot strip mill

酸洗いライン
Acid pickling line

Steel Making Technology

Temperature compensation and heating control based on our induction heating technology in the smelting and product manufacturing processes not only improve quality, save energy, and increase yield but also contribute to the development of new products.
The Fuji Electric group has been focusing on combining the products manufactured by induction heating with drive, measurement, and control technologies.

大口径管焼入装置
Large bore pipe hardening system

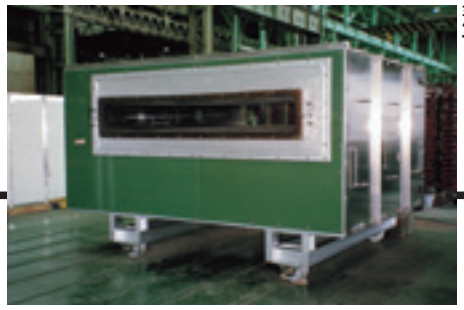
焼入れ・焼戻し
Hardening, tempering

UO管
UO pipe

焼なまし・焼入れ・焼戻し
Annealing, hardening, tempering

プレートヒータ
Plate heater

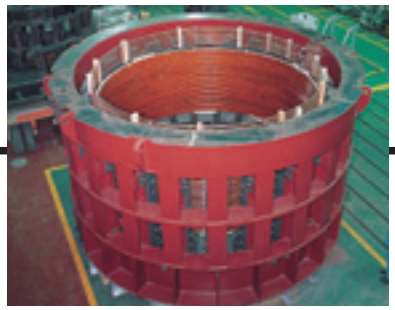
厚板鋼板
Thick steel plate

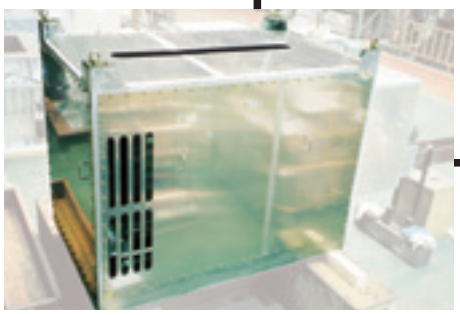


薄板加熱装置
Thin steel plate heating system

薄板鋼板
Thin steel plate

るつぼ形ポット　Crucible type pot





ブリキ鋼板
Tinned steel plate

インダクションリフロー　Induction reflow

溝形ポット　Channel type pot

合金化炉
Alloying furnace

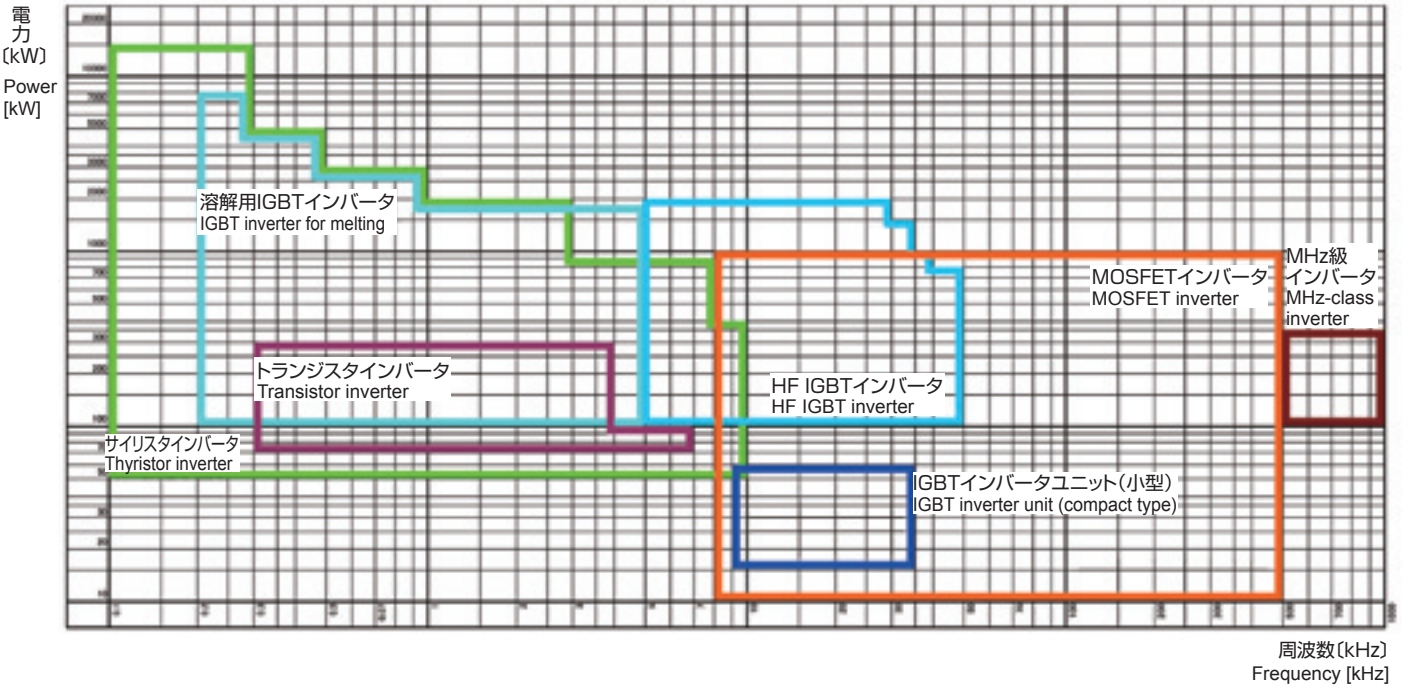
亜鉛めっき鋼板
Galvanized steel plate

塗装鋼板焼付ライン
●乾燥・焼付け
Coated steel plate baking line
●Drying/baking

カラー鋼板
Colored steel plate

電源技術

商用周波数からMHzまで業界No.1の幅広い周波数範囲を半導体式電源でカバーしていますので，あらゆる溶解・加熱用負荷に対応します。
不測の事態に備え保護装置を充実させていますので，安心して使用できます。



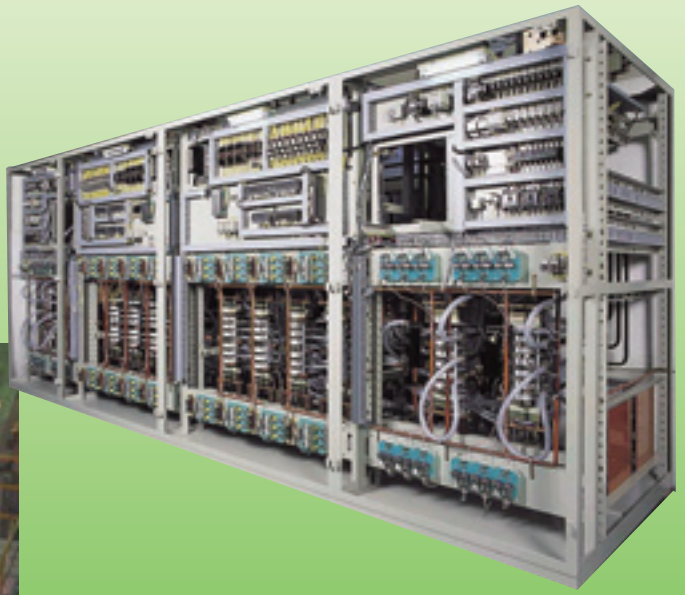
サイリスタインバータ　Thyristor inverter

◆ 標準仕様
電力　：60～13,000kW
周波数：50Hz～10kHz

◆ 用途
誘導炉，ビレットヒータ，各種加熱装置

◆ Standard specification
Power　　: 60 to 13,000kW
Frequency: 50Hz to 10kHz

◆ Application
Induction furnace, Billet heater, Various heating systems



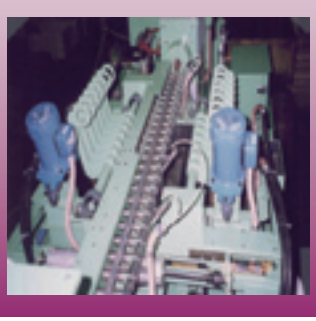
Power Supply Technology

Our semiconductor type power supplies cover the industry's widest frequency band; ranging from commercial frequency to figures in the order of MHz, thus satisfying various melting/heating loads. In addition, our substantial protective devices ensure safety when faced with unanticipated circumstances.

トランジスタインバータ　Transistor inverter

◆ 標準仕様
電力　：185～330kW
周波数：1～7kHz
◆ 用途
ビレットヒータ，小型誘導炉，小型加熱装置

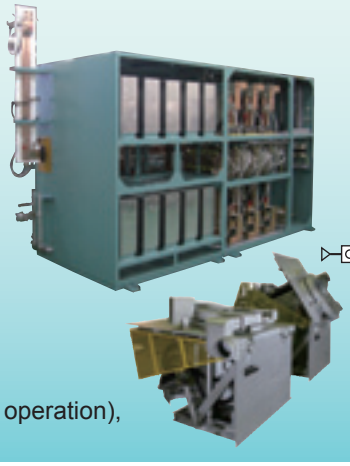
◆ Standard specification
Power　　: 185 to 330kW
Frequency: 1 to 7kHz
◆ Application
Billet heater, Compact induction furnace, Compact heating system

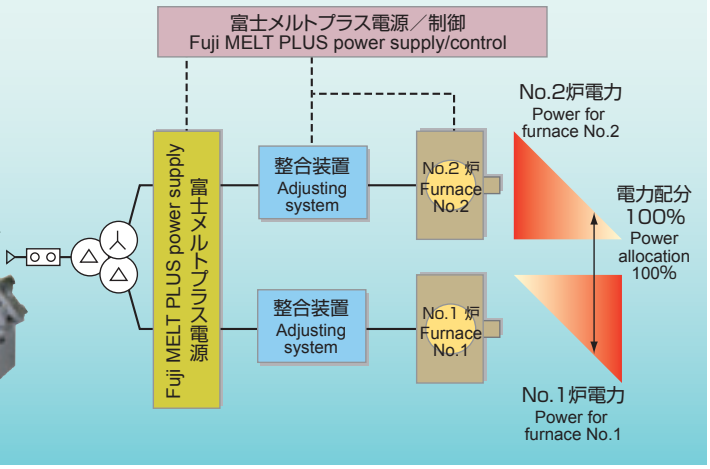


溶解用IGBTインバータ　IGBT inverter for melting

◆ 標準仕様
電力　：750～6,000kW
周波数：50～500Hz
◆ 用途
誘導炉（複数炉同時運転），
ビレットヒータ

◆ Standard specification
Power　　: 750 to 6,000kW
Frequency: 50 to 500Hz
◆ Application
Induction furnace
(simultaneous multiple furnace operation),
Billet heater



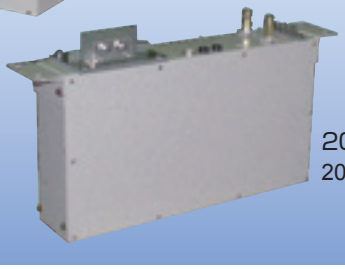


IGBTインバータユニット(小型)　IGBT inverter unit (compact type)

◆ 標準仕様
電力　：20～50kW
周波数：10～30kHz
◆ 用途
小型溶解装置（半導体，ガラスなど），
フィルム蒸着用

◆ Standard specification
Power　　: 20 to 50kW
Frequency: 10 to 30kHz
◆ Application
Compact melting system
(semiconductors, glass, etc.)
for film deposition

50kWユニット
50kW unit



20kWユニット
20kW unit

HF IGBTインバータ　HF IGBT inverter

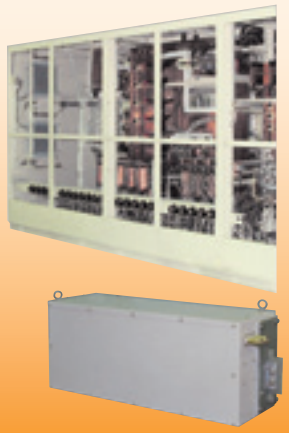
◆標準仕様
電力　：250～2000kW，100～800kW
周波数：5～30kHz，30～50kHz
◆用途
焼入れ，焼なまし，半導体熱生成

◆Standard specification
Power　: 250 to 2,000kW, 100 to 800kW
Frequency: 5 to 30kHz, 30 to 50kHz
◆Application
Hardening, annealing,
semiconductor formation

MOSFETインバータ　MOSFET inverter

◆標準仕様
電力　：20kW～75kW（ユニットタイプ）
　　100kW～1,000kW
周波数：50kHz～500kHz
◆用途
電縫管溶接機，薄板加熱装置，各種加熱装置，浮揚溶解装置

◆Standard specification
Power　: 20 to 75kW (Unit type),100 to 1,000kW
Frequency: 50 to 500kHz
◆Application
Electric resistance tube welder, thin plate
heating system, various heating systems,
levitation melting system



MHz級インバータ　MHz-class inverter

◆標準仕様
電力　：100kW～300kW
周波数：500kHz～1MHz
◆用途
電縫管溶接機，極薄板加熱装置，
非鉄薄板加熱装置，線材加熱装置

◆Standard specification
Power　: 100 to 300kW
Frequency: 500kHz to 1MHz
◆Application
Electric resistance tube welder, ultra-thin
plate heating system, nonferrous plate
heating system, wire rod heating system

新技術

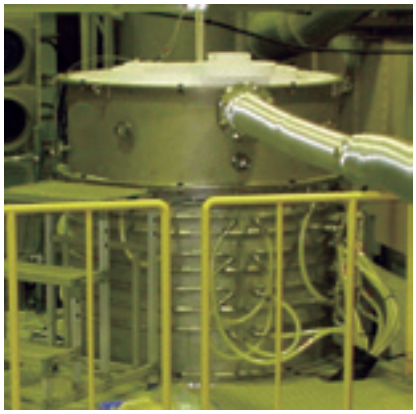
当社は常に最先端技術を取り入れた製品を開発し，様々な分野に提供しています。
生産プロセスでお困りのこと，生産プロセスの革新に関するご相談がありましたら，ご一報お待ちしています。

高融点合金溶製・鋳造装置
High melting point alloy smelting/forging system

浮揚溶解技術の特長を生かした溶製と精密鋳造を一体化しました。

Melting technology capitalizing on levitation melting has been integrated with precision forging.

超高周波炉
Ultra high frequency furnace



数百kHzの超高周波により，ガラス・コンクリートを直接誘導加熱し，溶解できます。

Direct induction heating is performed using an ultra high frequency of several hundred kHz to melt glass and concrete.

高融点金属溶解装置
High melting point metal melting unit

水冷るつぼを用いた浮揚溶解技術により，高融点・高純度・高比重差の合金溶製が可能です。

Levitation melting technology using a water-cooled crucible facilitates the production of alloys with high melting points, purities and specific gravity differences.

蒸着用電源
Power supply for deposition

- 半導体式により，MGに比べて高効率･省エネ(約20%)を実現しました。
- 保守・点検が容易(メンテナンス費低減)です。
- グラフィックパネル自動化の採用により，操作性向上・効率化を実現しました。

- Higher efficiency and energy saving (by approximately 20% higher than MG) achieved by the semiconductor system
- Easy maintenance and inspection (lower maintenance cost)
- Adoption of automatic graphic panel improves operability and ensures higher efficiency.

プラズマ発生装置用電源
Power supply for plasma generator

- エネルギー変換効率が高く，入力電力の約85%がプラズマへの投入電力になります。
- 高周波側での電力制御により，プラズマ発生前後の急激な負荷変動に対し，高速応答と安定した運転を確保します。

- High energy-conversion efficiency: Approximately 85% of input power is used to generate plasma.
- The power control on the high-frequency side ensures stable operation and a high-speed response to sudden load changes before and after plasma generation.

IH過熱蒸気発生器
IH superheated steam generator

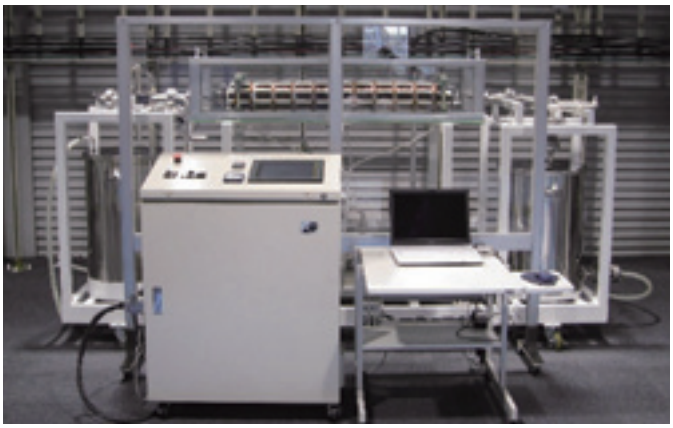
- 水道水から直接450℃の過熱蒸気を15分以内に発生できます。
- 食品加工の殺菌，リサイクル，脱脂・炭化などに，簡単に設置し誰でも操作可能です。

- Superheated steam of 450°C can be generated directly from tap water within 15 minutes.
- Easily installed and operated by anyone for sterilization, recycling, degreasing, and carbonization purposes in food processing.

New Technology

We have been and will keep developing products integrating advanced technologies, providing them for various fields.
We are happy to receive your feedback with your concerns and updating of your production process.

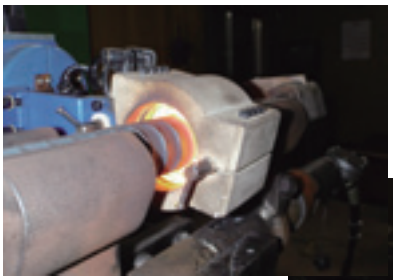
流体加熱装置　Fluid heating system



- 80%の高効率を達成しました。
- クリーム状流体から、水まで流体を急速加熱し，一定温度にコントロールできます。
- 化石燃料・蒸気での加熱に比べ，トータルエネルギー削減に寄与します。

- Achieves efficiency as high as 80%.
- Fluids in various states including creamy liquid and water can be heated rapidly and controlled at a constant temperature.
- Saves more energy than heating using fossil fuels/steam.

ワンタッチ開閉式誘導コイル　One-touch induction coil



コイル取り外し時
When the coil is removed

加熱時
When heating is performed

- 開閉式のため，被加熱物への装着が安易です。
- 軽量可搬式なので，どこでもすぐに加熱できます。
- コイルを絶縁性耐火物で保護しているため，約1,200℃まで加熱可能です。

- The detachable coil can be attached to the objects to facilitate heating.
- The lightweight portable coil can be used for heating immediately regardless of location.
- Since the coil is protected with the refractory, heating of up to 1,200°C is possible.

分散型小型電源　Dispersion type compact power supply

- 必要な時に，必要な所へ，必要な分の加熱システムを構築できます。
- 個別電源制御により，最適な加熱パターンを生み出せます。
- 自冷式電源なので，簡単に設置できます。

- Can be placed in the desired venue when necessary to create a heating system for producing the required quantity.
- Individual power supply control generates optimum heating patterns.
- The self-cooled power supply is easily installable.

試溶解・加熱試験

富士電機サーモシステムズは，お客様のご要望に応じて，各種試溶解・加熱試験ができるように準備しています。
こんなことできないかな？してみたいな？というご要望がございましたら，お気軽にお問合せください。

Test Melting and Heating Test

Fuji Electric Thermo Systems Co., Ltd. is ready to perform various test melting and heating tests. Contact us with any requests or if there is something you would like to do.

お客様
Customer

当社
Fuji

貴社の
ご要望・お悩み
Your requests and concerns

ソリューションエンジニアリング
Solution engineering

試験設備例
- 500cc浮揚溶解装置
- 高周波100kg溶解炉
- IHSS試験装置
- 高周波電源など

Examples of test facilities
- 500cc levitation melting furnace
- High-frequency 100kg melting furnace
- IHSS test system
- High-frequency power supply

ソリューション提案とサンプル加工試験の打合せ
Proposal of solutions and discussion on sample processing test

サンプル材の準備とご提供
Preparation and provision of sample materials

試験準備
Preparation for test

サンプル加工試験の実施
貴社の立会いも歓迎します!
Implementation of sample processing test.
Your witnessing is welcome.

サンプル品の評価
Assessment of samples

サンプル加工品とデータの提出
Submittal of processed samples and data

設備導入に向けた具体的な提案
Specific proposals for introducing facilities

貴社からのご連絡をお待ちしております！ **We look forward to hearing from you soon!**

アフターサービス体制

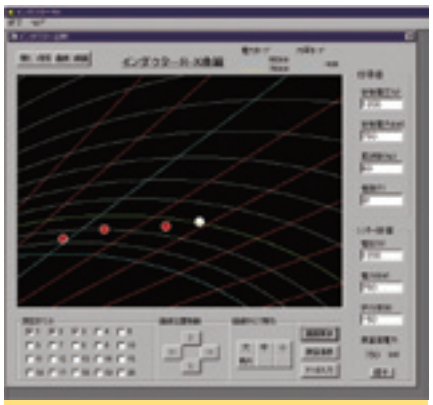
お客様が当社納入の設備を安全に安心してスムーズにご使用いただくためには，未然にトラブルを防止し，設備を最良のコンディションに保つ事が重要です。
一旦トラブルがおきてしまうと，復旧のために時間と費用がかかるだけでなく，突然の設備停止を強いられ，取引先までに多くの損失が発生します。
このようなトラブルの発生を未然に防ぐためにも，保全計画のPDCAを回し，最適な設備保全を実現していただくようおすすめしています。

After-sale Service System

To ensure your equipment can be used safely, smoothly, and with peace of mind, it is essential to prevent potential trouble and constantly maintain the equipment in optimum condition.
Once trouble occurs, not only are time and cost required for restoration but sudden equipment suspension may also result in significant losses to your business partners.
To prevent the occurrence of such trouble, we recommend that you perform plan-do-check-act (PDCA) activities for maintenance, thus achieving optimum equipment maintenance status.

工業電熱製品アフターサービスの主なメニュー　Major after-sale service menu for industrial electric heating products

コイル絶縁更新
炉体修理
インダクタオーバホール
Repair and replacement of furnace coil insulator
Repair of furnace body
Overhaul of inductor



保持炉・注湯炉のリライニング時期診断
Diagnosis of relining timing of retaining/pouring furnace

溝形炉リライニング工事
Relining work of channel-type furnace

予備コイル・予備炉体新製
予備インダクタ新製
Spare coil, new manufacture of spare furnace and spare inductor

設備定期点検サービス
Periodic facility inspection service

設備の改善更新提案
Facility improvement/update proposal

各種現地出張修理
コイル交換
セメント更新
Various on-site repair services
Coil replacement
Cement repair

各種部品販売
予備品・消耗品など
Sale of various parts such as spare parts and consumables

誘導加熱の原理
Principle of Induction Heating

原理

コイル状の導体の中で棒磁石を出し入れすると，磁界が変化し，導体に電流が流れます。これを電磁誘導作用といいます。この電磁誘導作用を利用し，磁石の代わりにコイルに交流電流を流し，交番磁束を印加することによって被加熱物体中に渦電流が発生します。この渦電流損によるジュール熱で加熱するのが誘導加熱です。この場合渦電流は物体のコイルに近接している部分に誘導され，また電流は物体の表面に近いほど強く，内部に行くにつれ弱くなる特長があります。

被加熱物の必要な部分にエネルギーを集中させ，効率的に急速に加熱できますから生産性・作業性が向上します。

誘導加熱には金属を溶解するための溶解炉と，温度制御をしながら求める温度まで加熱する誘導加熱装置があります。

使用する周波数により，低周波炉(商用周波数：50/60Hz)とそれ以上の高周波炉があり，用途によって選択します。また周波数とは別に磁界の強さを加減することによって投入されるエネルギーの量が変わり，加熱速度を自由に調整することができます。このように誘導加熱では加熱条件をニーズに応じ，自由に選択できることが大きな特長です。

Operating principle

Inserting and removing a bar magnet from a spiral conductor changes the magnetic field, causing a current to flow through the conductor. This is referred to as electromagnetic induction. By using this phenomenon, and by applying an alternating current to a coil instead of inserting and removing a magnet in order to produce an alternating magnetic flux, an eddy current is produced in an object to be heated. The heating by Joule heat attributable to this eddy current loss is called induction heating. In this case, the eddy current is induced in that part of the object which is adjacent to the coil, and the current intensity is highest on the surface layer and decreases toward the inside.

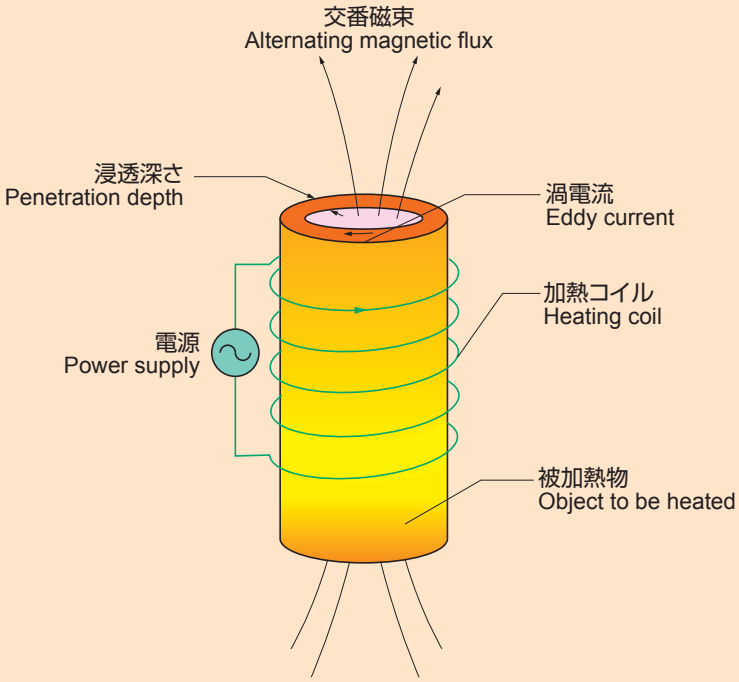
The energy can be concentrated on the part of the object to be heated for efficient and quick heating, thereby improving the productivity and workability.

Induction heating is used for metal melting furnaces, as well as for induction heating equipment for raising the temperature of an object to a desired level while controlling it.

According to the frequency used, there is the low-frequency furnace (commercial frequency 50/60Hz) and the highfrequency furnace, the selection of which depends on the application. Besides the frequency, changing the magnetic field intensity can vary the charged energy quantity and hence the heating rate.

Thus, induction heating enables the heating conditions to be flexibly changed to suit particular requirements.

● 誘導加熱の原理図　Operating principle of induction heating



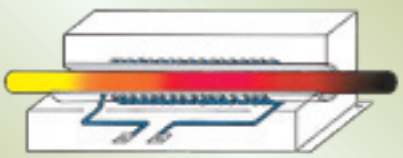
用途　Applications

溶解鍛造：溶解
保温

Casting: Melting
Holding

加熱鍛造：鍛造
圧延成形
押出し・引伸ばし
乾燥

Forging: Forging
Roll forming
Extrusion
Drying

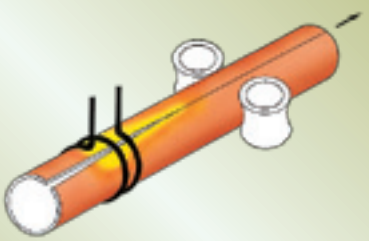


熱処理：焼入れ
焼戻し
焼純し

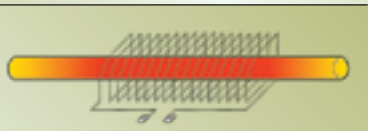
Heat treatment: Quenching
Tempering
Annealing

接合：溶接
ろう付け
はんだ付け

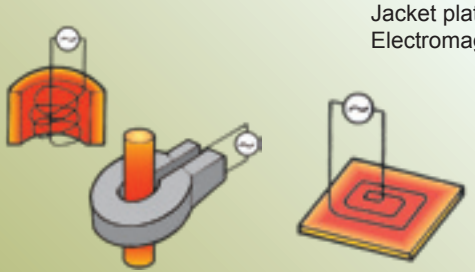
Bonding: Welding
Brazing
Soldering



加熱一般：乾燥
流体加熱
焼きばめ
ロール加熱
内面加熱：ボアヒータ
ジャケットヒータ
高周波焼入れ
平面加熱：加熱釜
ジャケットプレートヒータ
電磁調理器



Heating in general: Drying
Liquid heating
Shrink fitting
Roll heating
Internal heating: Bore heater,
Jacket heater,
High-frequency baking
Plane heating: Heating oven,
Jacket plate heater,
Electromagnetic cooker



誘導加熱の原理
Principle of Induction Heating

参考データ　Reference data

● 電流浸透深さ

渦電流は被加熱物の表面に近いほど大きく，内部に行くにつれ指数関数的に小さくなります。これを表皮効果といいます。渦電流が表面における電流密度の0.368倍に減少した点までの表面からの深さを電流の浸透深さδと呼び，誘導加熱を利用する上で非常に重要な数値です。

電流浸透深さは次式で表されます。

同式を用いて算出した各種材質の浸透深さδの例を下表に示します。

$\delta = 5.03\sqrt{\rho/\mu f}$ (cm)

ここで

ρ：金属の固有抵抗（μΩ- cm)

鋼は常温で20，1,000℃で128

銅は常温で3，450℃で8です。

μ：比透磁率，非磁性材の場合は1です。

磁性材の場合は磁界の強さで変化し，鋼材の加熱では20～1,000の間です。

f：周波数(Hz)

● Current penetration depth

The eddy current is intense on the surface layer of the object to be heated, and attenuates exponentially toward the inside. This is called the skin effect. The depth from the surface at which the eddy current density is 0.368 times that on the surface is referred to as current penetration depth δ, and is important when using induction heating. Current penetration depth δ is expressed by the following formula. The lower table gives examples of penetration depth δ for different materials calculated by the formula.

$\delta = 5.03\sqrt{\rho/\mu f}$ (cm)

where,

ρ: Specific resistance of metal (μΩ-cm).

For steel, 20 at normal temperature and 128 at 1,000°C.

For copper, 3 at normal temperature and 8 at 450°C.

μ: Relative permeability. 1 for nonmagnetic material.

In case of a magnetic material, it changes with the magnetic field intensity. For steel, it is between 20 and 1,000 in heating.

f: Frequency (Hz)

各種材質の浸透深さ　Current penetration depth of different materials

条件　Condition			電流の浸透深さδ　Current penetration δ [cm]					
周波数　Frequency		[Hz]	50	500	1000	3000	10000	20000
炭素鋼 Carbon steel	磁性域 Magnetic zone	21℃	0.64	0.14	0.084	0.042	0.019	0.0025
		300℃	0.86	0.19	0.122	0.058	0.026	0.0035
		300℃	1.30	0.29	0.180	0.090	0.040	0.0054
	非磁性域 Non-magnetic zone	800℃	7.46	2.37	1.67	0.96	0.53	0.12
		1250℃	7.98	2.53	1.879	1.03	0.56	0.13
		溶解時 Melting (1550℃)	9.00	2.85	2.01	1.16	0.64	0.14
銅 Copper	850℃		1.95	0.62	0.44	0.25	0.14	0.03
	溶解時　Melting (1550℃)		3.30	1.04	0.74	0.43	0.23	0.05
真鍮銅 (65%) Brass, copper	850℃		2.52	0.79	0.56	0.33	0.18	0.04
	溶解時　Melting (1550℃)		4.57	1.44	1.02	0.59	0.32	0.07
アルミニウム Aluminum	850℃		2.01	0.64	0.45	0.23	0.14	0.03
	溶解時　Melting (750℃)		3.70	1.17	0.83	0.48	0.26	0.06

参考データ　Reference data

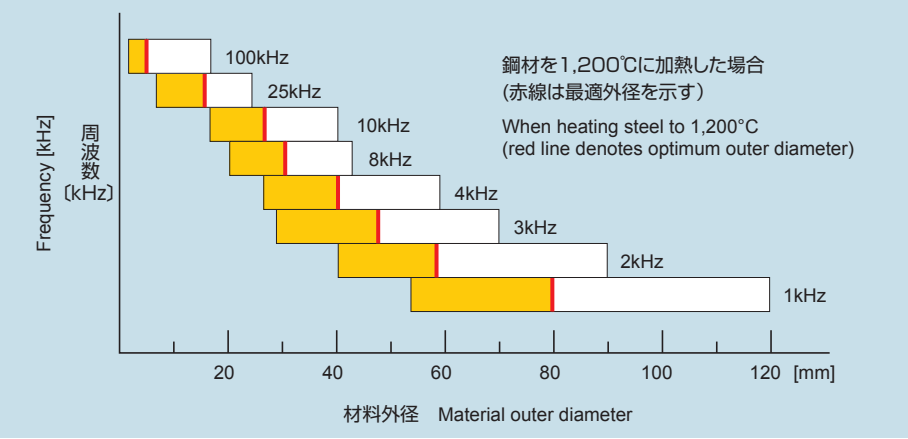
● 周波数の選定

誘導加熱では周波数の選定は極めて大切であり，加熱効率ひいてはその経済性に大きな影響を与えます。
エネルギーを効率良く物体に吸収させるためには，被加熱物が小さいほど高い周波数が，また被加熱物が大きい場合には比較的低い周波数が必要となります。
表面焼き入れの場合は，周波数を高くして電流浸透深さδを浅くして，さらに加熱時間を短くすることによって表面に発熱部を集中させてからすぐに冷却する必要があります。
一般的に表面の電力密度は1～5kW/cm^{2}とします。これに対して全体の均熱加熱の場合は周波数を低くして，δを被加熱物の直径の1/3～1/7程度とし，加熱時間も比較的長くとります。電力密度は，0.01～1kW/cm^{2}程度がよく使用されます。金属棒の全体加熱を行う場合は，電流の浸透深さδ(cm)と金属棒の半径a(cm)との関係を通常a/δ＞2.25となるように周波数を選定することが望ましいです。
この周波数を最低許容周波数fcといい，次の式で表されます。
$fc = 128\rho / \mu a^2$(Hz)
右図はビレットヒータで鋼材加熱時の周波数設定の例を示しています。

● How to select the frequency

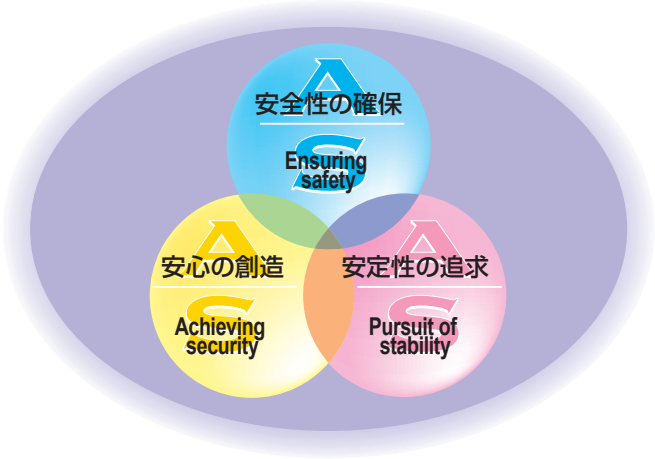
In induction heating, the selection of frequency is very important as it considerably affects the heating efficiency and running cost.
To allow the energy to be efficiently absorbed by an object to be heated, a higher frequency is required for a smaller object, or a comparatively low frequency for a larger object.
For surface hardening, the object must be cooled immediately after raising the frequency to decrease current penetration depth δ and then shortening the heating time to concentrate the heating part on the surface layer.
Generally, the surface power density is 1 to 5 kW/cm^2. However, if the whole object is to be heated, the frequency must be lowered to make δ 1/3 to 1/7 of the diameter of the object, and the heating time must be comparatively long: a power density of 0.01 to 1kW/cm^2 is often used. When heating an entire metal bar, the frequency should be selected so that the relationship between current penetration depth δ (cm) and metal bar radius a (cm) is a/δ >2.25.
This frequency is referred to as minimum allowable frequency fc, and is expressed by:
$fc = 128\rho/\mu a^2$ (Hz)
The following figure is an example of setting the frequency for heating a steel material by a billet heater.

各種材質の浸透深さ　Frequency selection



3A＋C＋Eの構築
富士電機サーモシステムズ（株）のものづくりコンセプト

Creation of 3S + C + E
Concept of Manufacturing of
Fuji Electric Thermo Systems Co., Ltd.



高品質 High quality

- **1A 安全の確保**：安全性を重視した製品群の提供
  1st S: Ensuring **S**afety: Provision of products ensuring safety
- **2A 安心の創造**：安心して使えるという信頼度の向上
  2nd S: Achieving **S**ecurity: Improved reliability ensuring security
- **3A 安定性の追求**：安定して操業できる設備の提供
  3rd S: Pursuit of **S**tability: Provision of facilities that can be operated stably

LCCの提供 LCC

☆ ミニマムなライフサイクルコスト　Minimum Life Cycle Cost

最大の省エネ製品
CO_2排出量ミニマムシステムの提供
Most energy-efficient products
Provision of systems with minimum CO_2 emissions

エコ経営 Eco management

☆ 環境問題への対応　Measures to protect the environment

富士電機サーモシステムズ(株)は貴社の環境問題の改善や省エネルギーの期待にお応えします。

Fuji Electric Thermo Systems Co., Ltd. fulfills your expectations concerning the solving of environmental problems and enhancing energy saving.

ISO9001

JQA-2034
品質システム認証取得
Quality System Certification obtained

⚠ 安全に関するご注意

＊ご使用の前に，「取扱説明書」や「仕様書」などをよくお読みいただくか，当社またはお買上の販売店にご相談のうえ，正しくご使用ください。
＊取扱いは当該分野の専門の技術を有する人が行ってください。
輸出に関してのお願い：本品のうちで，戦略物資(または役務)に該当するものを輸出される場合は，外国為替および外国貿易管理法に基づく輸出許可が必要です。

このカタログは再生紙を使用しています。
Printed on recycled paper

Fuji Electric Systems Co., Ltd.
Gate City Ohsaki, East Tower, 11-2,
Osaki 1-chome, Shinagawa-ku, Tokyo 141-0032, Japan
Phone : (03)5435-7114
Internet address : http://www.fesys.co.jp

Fuji Electric Thermosystems Co., Ltd.
5520, Minamitamagaki-cho, Suzuka, Mie 513-8633, Japan
Phone : (059)383-8833
Internet address : http://www.fuji-thermo.co.jp

Information in this catalog is subject to change without notice.

2009-10(H2009m/E1980)KD/CTP5M Printed in Japan